

## REFLEXIONES Y RECURSOS SOBRE LA DIDACTICA

### DEL CICLO DEL AGUA

Joan Bach i Plaza (\*) (\*\*)

David Brusi i Belmonte (\*) (\*\*) (\*\*\*)

(\*) Departament de Geologia. UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BARCELONA.

(\*\*) Escola de Mestres "Sant Cugat". UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BARCELONA.

(\*\*\*) Col·legi Universitari de Girona. UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BARCELONA.

#### RESUMEN

Una revisión histórica de la evolución del concepto de ciclo del agua, pone en evidencia las dificultades de comprensión de este ciclo desde la civilización griega hasta mediados del siglo XVIII. Estas dificultades históricas se pueden concretar en la no visualización de determinadas partes de este ciclo y en la falta de cuantificación de los distintos fenómenos que intervienen.

A partir de este análisis proponemos que el tratamiento programático de este tema contemple estas dificultades históricas. La idea y cuantificación del ciclo de agua no partiría de una interpretación teórica sintética, sino de la implicación de los alumnos en un trabajo de experimentación. Este se concretaría en el seguimiento y control de unas sencillas estaciones lisimétricas, de las que exponemos unos modelos constructivos.

Pensamos, dada la gran utilidad de estas estaciones, que no deben plantearse como una actividad puntual de una materia, sino como una instalación permanente del centro escolar, incorporada a la infraestructura propia de la estación meteorológica.

#### ABSTRACT

*The historical analysis of the evolution of the concept of the water cycle demonstrates the difficulties of understanding this cycle since greek civilization until the middle of the 17th century. These historical difficulties are, to be more specific a lack of observance of some parts of the cycle and a lack of quantification of the distinct processes which occur in the cycle.*

*From this analysis we propose the programmatic treatment of this theme should contemplate these historical difficulties. The idea and quantification of the water cycle wouldn't start with a theoretic and synthetic interpretation, but would develop from the experimental work of students. This work would be determined by the assistance and control of some lysimetric stations, of which we explain some constructive models.*

#### INTRODUCCION

En general, el ciclo del agua está presente, en los distintos niveles educativos, de manera puramente descriptiva como una sucesión de fenómenos que implican unos cambios de estado y unos flujos de materia y energía. Normalmente los docentes planteamos estos conceptos en un bloque temático, que constituye más una imagen plástica que no una reflexión sobre ellos. Estos se formulan como unos hechos fuera de toda duda y, por tanto, como un concepto teórico evidéntísimo, a retener.

Así, evaporación, condensación, precipitación, circulación superficial y circulación subterránea son fases que se suceden, que dan noción de una dinámica, pero no siempre el receptor, entiende en la práctica, sobre todo cuando este se en-

cuentra en niveles (E.G.B., B.U.P.). Es decir, conoce esta sucesión de fases, asimilando la imagen de un recorrido, pero no sabe interpretar, desde esta óptica, ejemplos de su vida cotidiana: ¿Por qué surge el agua por una fuente o manantial?, o ¿Dónde se almacena el agua cuando regamos una maceta? Las respuestas suelen corresponder a argumentos bajo un aura de misterio, y las interpretaciones respecto al agua infiltrada suelen ser del tipo: "la tierra se ha bebido el agua".

Existe una clara diferencia entre la facilidad con que el alumno asume el concepto visual de ciclo y la gran dificultad en reflexionar y comprender cada una de sus partes. Estas limitaciones se reflejan en unos errores interpretativos, que

se repiten al analizar la evolución del concepto en la historia del pensamiento humano.

#### REVISIÓN HISTÓRICA DEL CONCEPTO DE CICLO DEL AGUA

La idea de que las aguas continentales se movían en un cierto ciclo continuo es muy antigua; Salomón, en Eclesiastés 1:7, comenta: "todos los ríos van a parar al mar y, aunque los ríos siguen fluyendo hacia él, el mar todavía no se ha llenado". Estas afirmaciones se basan en la parte del ciclo del agua que es más directamente observable: la circulación superficial del agua y la estabilidad del nivel del mar.

Lógicamente, para contemplar el ciclo completo sería necesario explicar un mecanismo de retorno del agua a las fuentes, que originan los ríos, desde el mar. Este retorno puede explicarse por dos vías distintas, una por el medio aéreo y la otra por el subterráneo (FIGURA 1).

Los griegos fueron los primeros en elucubrar sobre el origen del agua subterránea. En general, seguramente condicionados por su entorno geográfico-geológico, donde coexistían áreas profundamente carstificadas con la proximidad del nivel del mar, les impresionaba la magnitud de las aportaciones de los ríos comparada con la escorrentía producida por las mayores precipitaciones. De esta manera, aceptaron como axiomático que las precipitaciones atmosféricas no eran suficientes para mantener los grandes

caudales subterráneos que emergían espontáneamente o eran alumbrados por el hombre. La trascendencia de esta creencia está en el hecho de que el pensamiento griego llegó a constituir un dogma durante un período de casi 2000 años.

Por otro lado, al despreciar la procedencia exclusiva del agua de las precipitaciones como origen de los ríos, tuvieron que proponer modelos que aludían a una **circulación subterránea del agua desde los océanos hacia los manantiales**. Enfrentándose con dos problemas principales, por un lado, al ascenso del agua desde el nivel del mar a las costas elevadas de las fuentes, y por otro, a la pérdida de la salinidad del agua del océano. Para ello, recurrieron a la acción del viento y presión de las rocas (Tales), o a la existencia de grandes cavernas subterráneas (Platón) donde el agua se evaporaba y posteriormente condensaba antes de surgir por las fuentes (Aristóteles).

Todas las interpretaciones argumentadas por los pensadores de la antigüedad eran especulaciones teóricas sin ninguna base experimental y forzadas por aceptar un axioma falso. Estos errores han sido tratados ampliamente por Davis & Wiest (1971).

Hasta el siglo XVII y por la **via experimental** no se logró el cambio de mentalidad que supone completar el ciclo del agua únicamente a partir de la **infiltración del agua procedente de las precipitaciones**. Fueron dos científicos franceses

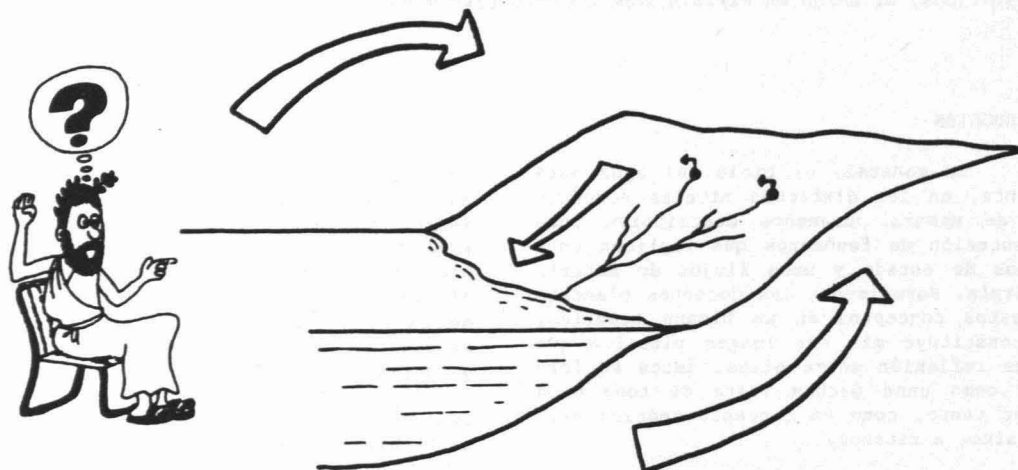


FIGURA 1.- El dilema del retorno del agua de los océanos a las fuentes:  
¿por el medio aéreo o por el subterráneo?

Pierre Perrault (1608-1680) y Edmé Mariotte (1620-1684).

Perrault comprobó la altura de las precipitaciones con la aportación superficial en la cuenca del río Sena, estimando que esta última solamente representaba una sexta parte del volumen total de las precipitaciones. De esta manera demostraba que el volumen de las precipitaciones era suficiente para justificar las aportaciones superficiales de los ríos.

Por su parte Mariotte midió el valor de la infiltración del agua de la lluvia a través del suelo en un sótano del observatorio de París. Comprobó que esta infiltración variaba en función de las lluvias de igual modo al caudal de los manantiales. Llegó así a la conclusión de que las fuentes podrían estar perfectamente alimentadas a partir del agua de lluvia que se infiltraba en el subsuelo.

Unos años después E. Halley (1656-1742), astrónomo británico, publicó una serie de estudios acerca de la evaporación en el mar Mediterráneo, llegando a la conclusión de que ésta era capaz de justificar el volumen de agua que aportaban a este mar todo el conjunto de sus ríos, completando con ello las aportaciones de sus colegas.

Así, esta revisión histórica nos conduce a pensar en la **importancia de la experimentación y cuantificación para entender el ciclo del agua**. Las fases atmosféricas o superficiales de éste se hacen bastante

evidentes, pero las del subsuelo, que no son directamente observables, se resisten a las intuiciones fáciles que se formulan, desde el saber popular. En este sentido, aún en la actualidad persiste un mundo de leyenda mágica en torno a las aguas subterráneas y a los métodos de prospección, rodeándose de un aura esotérica, cuyo máximo exponente son los zahoris.

Estas dificultades observacionales propias de las partes ocultas del ciclo se traducen en algunos errores conceptuales arraigados en la sociedad y que el alumno comparte. Es por ello, que no podemos plantear una enseñanza de un modo únicamente descriptivo, pues no se ofrecen al estudiante los argumentos que validan la interpretación.

Los métodos de investigación actuales permiten aportar las bases para la comprensión de cada uno de los elementos del ciclo hidrológico.

#### MECANISMOS DE CONTROL DEL CICLO DEL AGUA

La cuenca hidrogeológica constituye el marco de referencia en cualquier estudio del balance hídrico.

La cuantificación de las variables del **sistema cuenca** sería, seguramente, el método de análisis que permitiría obtener una visión más global del ciclo del agua (FIGURA 2).

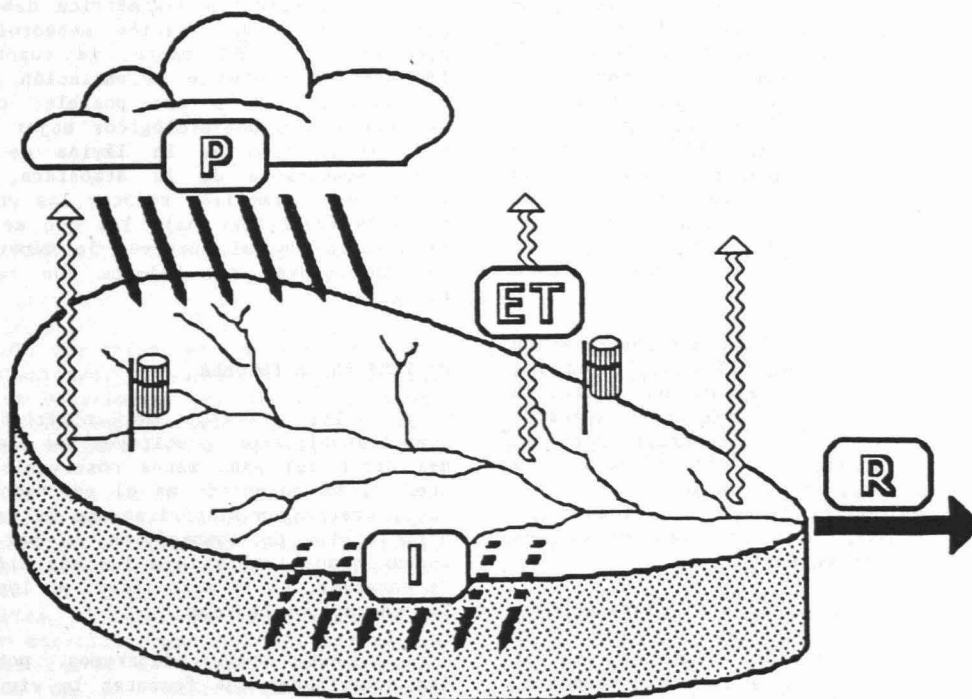


FIGURA 2.- El ciclo del agua a nivel de cuenca.

Para ello se consideraría que el agua incidente en el suelo, procedente de las precipitaciones (P), puede, una parte correr por la superficie aérea (escorrentía superficial, R), otra quedar almacenada (glaciares, lagos, ...), otra infiltrarse (I) y otra evaporarse (evaporación de las superficies de agua libres, transpiración de vegetales, ...), definiéndose, en conjunto, como (ET) evapotranspiración. El balance que puede establecerse igualará las entradas con las salidas teniendo en cuenta las variaciones del agua almacenada.

Entradas=Salidas±variación del agua almacenada

Si considerásemos una unidad de tiempo suficientemente grande, la variación de los volúmenes de agua almacenados serían despreciables, pudiéndose igualar las entradas con las salidas. Así:

$$P = ET + R + I$$

Los términos de esta ecuación representan los elementos hidrológicos principales. Estos son los que deberemos cuantificar para tener un orden de magnitud de la participación de cada uno de ellos al ciclo, en las condiciones climáticas imperantes en la zona de estudio.

Así, a nivel de cuenca, evaluaremos fácilmente las **entradas o aportes (P)** conociendo por un lado, su superficie y, por otro, la cuantía de las precipitaciones incidentes, a partir de estaciones meteorológicas.

También podemos conocer la **escorrentía superficial (R)**, controlando el caudal del río principal a la salida de la cuenca. El caudal de un río (aforo) lo podemos calcular de manera aproximada con técnicas sencillas, siempre que no sea muy grande. Se trata de conocer su sección mojada y la velocidad del agua. Los ríos y afluentes más importantes tienen instaladas estaciones de aforo, a lo largo de su curso, con escalas limnimétricas o limnigrafos que evalúan de una manera continuada el volumen de agua circulante.

Por su parte, la **evapotranspiración (ET) y la infiltración (I)** constituyen los dos elementos de esta balance más difíciles de cuantificar. De los diferentes aparatos simples que se pueden construir para su evaluación (evaporímetro, infiltrómetro, ...) los procedimientos de medida que mejor resultado dan, en función de su simplicidad constructiva, creemos que son las **estaciones lisimétricas (lisímetros)**.

Los lisímetros son instalaciones experimentales que utilizan el suelo mismo como medio de medición. Permiten evaluar la infiltración eficaz y la evapotranspiración real o potencial en condiciones naturales. Junto a este aspecto cuantitativo pueden utilizarse también para evaluar, de una

manera cualitativa, los fenómenos que intervienen en el mecanismo de la infiltración, o sea, la dinámica y los cambios químicos y biológicos del agua al cruzar un material poroso, en su camino hacia la zona saturada.

Los primeros estudios mediante lisímetros fueron realizados en París a finales del siglo XVII. A partir de este momento y de manera progresiva, las experiencias lisimétricas se multiplicaron en muchos países. De esta manera, también se diversificaron los tipos de lisímetros, según la finalidad concreta a la que se destinaban. En la actualidad, los más utilizados son los llamados "cajas lisimétricas".

Las cajas lisimétricas consisten en depósitos estancos, de paredes verticales, enterrados en el terreno, que se llenan artificialmente con una muestra de suelo a estudiar hasta la rasante del terreno. La base del depósito está provista de una capa de gravas que actúa de sistema de drenaje, recogiendo las aguas de infiltración hacia el colector (FIGURA 3).

El modelo más corriente de caja lisimétrica es uno de forma cúbica de un metro de arista. Habitualmente, se construyen varias cajas con diferentes características dispuestas en batería, susceptibles de quedar descubiertas, a merced de las precipitaciones naturales, o de protegerse de las precipitaciones mediante un techo impermeable y un mantenimiento bajo unas condiciones de riego artificial determinadas.

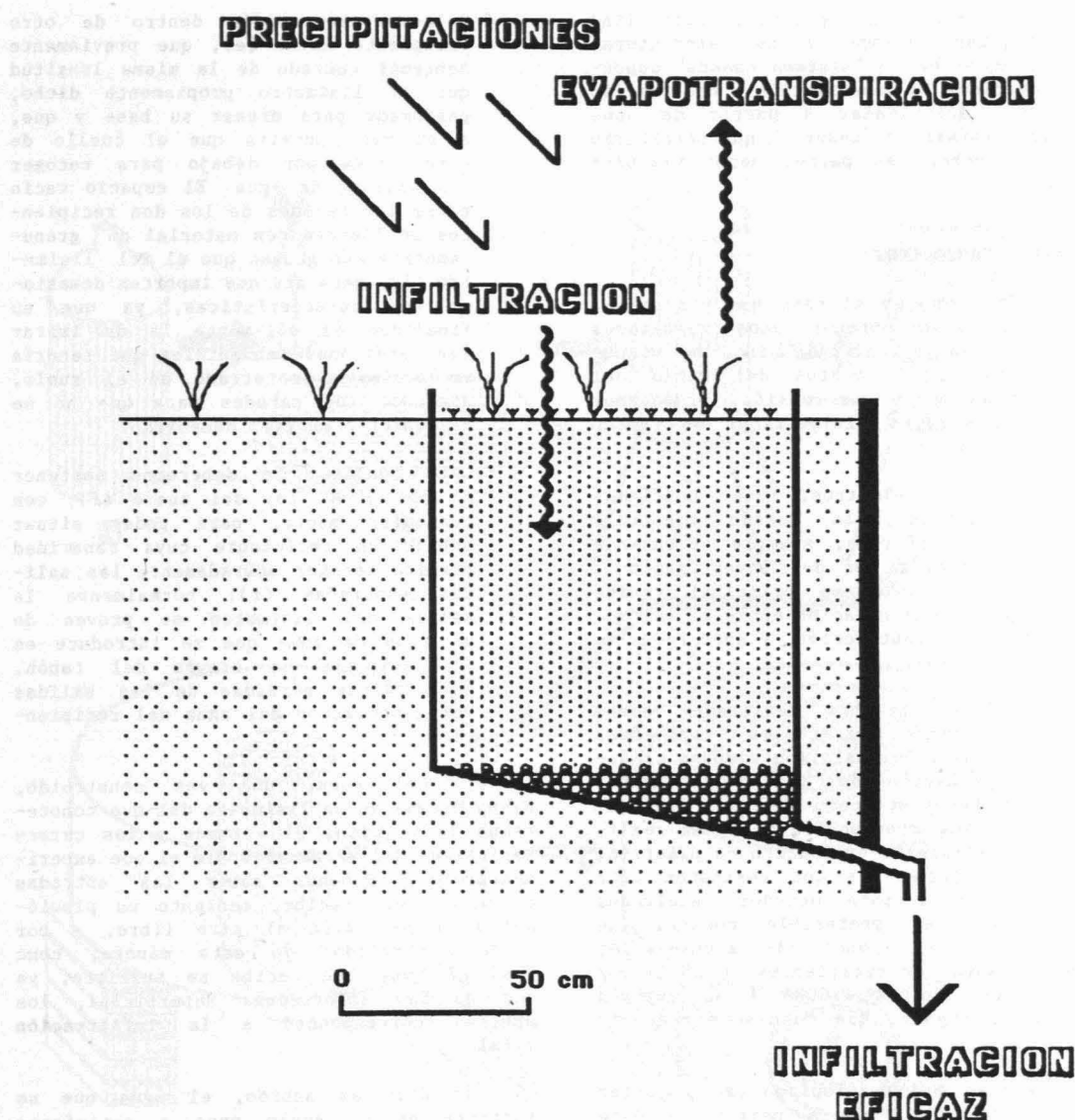
La estación lisimétrica debe completarse con una estación meteorológica, para evaluar, básicamente, la cuantía de las precipitaciones y la variación de las temperaturas y, a ser posible, cuantos más parámetros meteorológicos mejor (humedad, evaporación de la lámina de agua, poder evaporante de la atmósfera, ...), ya que nos permitirán conocer las características climáticas bajo las que se halla la estación y así entrever la dependencia de los valores del balance con respecto al clima.

#### EL TEMA EN LA ESCUELA

Los procesos de infiltración y evapotranspiración constituyen los elementos del ciclo del agua menos observables que, como se ha comentado en el apartado anterior, acarrearón históricamente las mayores dificultades de comprensión y, por ello, pensamos que también son los más difíciles de entender, en la actualidad, en los niveles educativos básicos.

Así pues, deberemos potenciar las actividades que fomenten la visualización de estos elementos. Sin embargo, las posibilidades de experimentación en los centros de enseñanza no universitaria son,





**FIGURA 3.- El ciclo del agua a escala lisimétrica (sección transversal de una caja lisimétrica).**

en general, muy difíciles, ya sea, por falta de instalaciones, presupuestos, poca flexibilidad de horario,... Por ello al proponer un tipo determinado de experimentación deberemos tener en cuenta esta realidad.

La aplicación, al ámbito escolar, de los mecanismos de control del ciclo del agua expuestos a **nivel de cuenca** entraña, además, de las dificultades propias de infraestructura de los centros educativos ya explicitadas, el tener que abarcar una escala, tanto espacial como temporal, muy amplia para poder cerrar el balance. Por ejemplo, la medida de la escorrentía superficial debería poder evaluarse en un lapso de tiempo suficientemente grande, lo que implicaría la realización de medidas periódicas. Por

otro lado, si no disponemos de estaciones lisimétricas, la evaluación de la evapotranspiración suele obtenerse a partir de fórmulas, de esta manera estamos introduciendo datos sin visualizar el proceso.

En algunos casos ante estas dificultades el profesor acaba proporcionando a los alumnos todos los datos numéricos del balance, quienes tan solo tienen que realizar las operaciones matemáticas que cuantifican el proceso. De esta forma, no se consigue implicar a los alumnos en una investigación que pueda ser sinónimo de visualización de los procesos. A pesar de ello, esta opción siempre será mejor que la pura síntesis gráfica del ciclo.

Por todo ello, y ante la dificultad de distancias, tiempo y infraestructura, que el control de un "sistema cuenca" supondría, sugerimos la construcción y realización de algunas actividades a partir de unos sencillos lisímetros "caseros" que permitirán investigar sobre las partes menos visibles del ciclo.

### LISÍMETROS "ESCOLARES"

Si, como en el caso que nos ocupa, no nos interesa obtener unos resultados extrapolables a la realidad, sino, una visualización de los elementos del ciclo del agua para su mejor comprensión, proponemos el empleo de **cajas lisimétricas de tamaño reducido**.

Estos lisímetros, que podríamos llamar "escolares", se pueden construir de muy diversas formas, siempre intentando emular al máximo a los de "investigación". En general, el problema principal reside en buscar una buena relación entre el tamaño, la sencillez de construcción, y unos resultados satisfactorios.

En las pruebas realizadas hemos utilizado siempre materiales corrientes e incluso de desecho. Así, los bidones cilíndricos de plástico de distintos tamaños son los que hemos adoptado como más idóneos. El de más simple construcción se puede realizar con un recipiente cilíndrico de plástico, de 5 litros (como los que contienen agua mineral); aunque, para obtener resultados más precisos, es preferible construirlos de mayor tamaño, siendo más aconsejables los contruidos con recipientes de 25 litros de capacidad. En la FIGURA 4 se exponen los pasos a seguir, que consisten esquemáticamente en:

- \* Elegir el bidón apropiado (a) y cortar su fondo (b), que a partir de este momento constituirá la parte superior del lisímetro.
- \* Invertir el conjunto (c) y situar en el cuello del recipiente un filtro para impedir el paso del material fino pero no del agua, a nivel práctico puede ser útil taponarlo a base de algodón o de una rejilla plástica de "luz" muy reducida (d).
- \* Llenar la base (uno o dos centímetros por encima del filtro) con gravilla o arena gruesa, bien limpia (d), que permita el drenaje completo del agua.
- \* Situar, sobre esta base drenante, el material edáfico o sedimentario que utilizaremos para experimentar (d). Dejaremos sin llenar los dos últimos centímetros del recipiente para que las precipitaciones incidentes no desborden de él.

\* Colocar este bidón dentro de otro recipiente mayor (e), que previamente habremos cortado de la misma longitud que el lisímetro propiamente dicho, perforado para drenar su base y que, a su vez, permita que el cuello de éste salga por debajo para recoger las salidas de agua. El espacio vacío entre las paredes de los dos recipientes se llenará con material de granulometría más gruesa que el del lisímetro (f), pero sin que importen demasiado sus características, ya que su finalidad es solamente la de imitar las condiciones ambientales que tendría un lisímetro enterrado en el suelo, aislando sus paredes para que no se calienten o enfrien demasiado.

\* Este conjunto lo deberemos sostener a unos 30-40 cm. del suelo (f), con cualquier medio, para poder situar debajo un recipiente cuya capacidad permita recoger sobradamente las salidas esperadas (f); normalmente la salida del lisímetro se provee de un tubo de goma que se introduce en el recipiente a través del tapón, para evitar pérdidas de las salidas por evaporación del agua del recipiente.

Así pues, una vez construido, dispondremos de un lisímetro del que conoceremos la sección, el volumen y las características del material sobre el que experimentaremos. Podemos saber las entradas o aportes que recibe, mediante un pluviómetro si se halla al aire libre, o por riego controlado; de esta manera, como toda el agua que recibe se infiltra, ya que no hay escorrentía superficial, los **aportes** corresponden a la **infiltración total**.

Como es sabido, el agua que se infiltra en el suelo pasa a satisfacer la llamada agua de retención (la higroscópica, la pelicular y la capilar aislada), el agua gravífica y el agua capilar continua. Los lisímetros (de drenaje "total") representan solamente la zona de aireación del suelo, de manera que en ellos sólo tendremos agua de retención, ya que, al tener una base drenante, las salidas corresponden al agua gravífica, y como consecuencia de no disponer de una zona saturada, la capilar continua no puede darse.

Así, si controlamos las salidas conoceremos el agua no retenida por el lisímetro, que constituirá el **agua gravífica**, que podemos entender como la **infiltración eficaz**. Asimismo, la diferencia entre la infiltración total y la infiltración eficaz constituirá el **agua de retención**.

Si partimos de un estado de saturación (respecto al agua de retención), tras

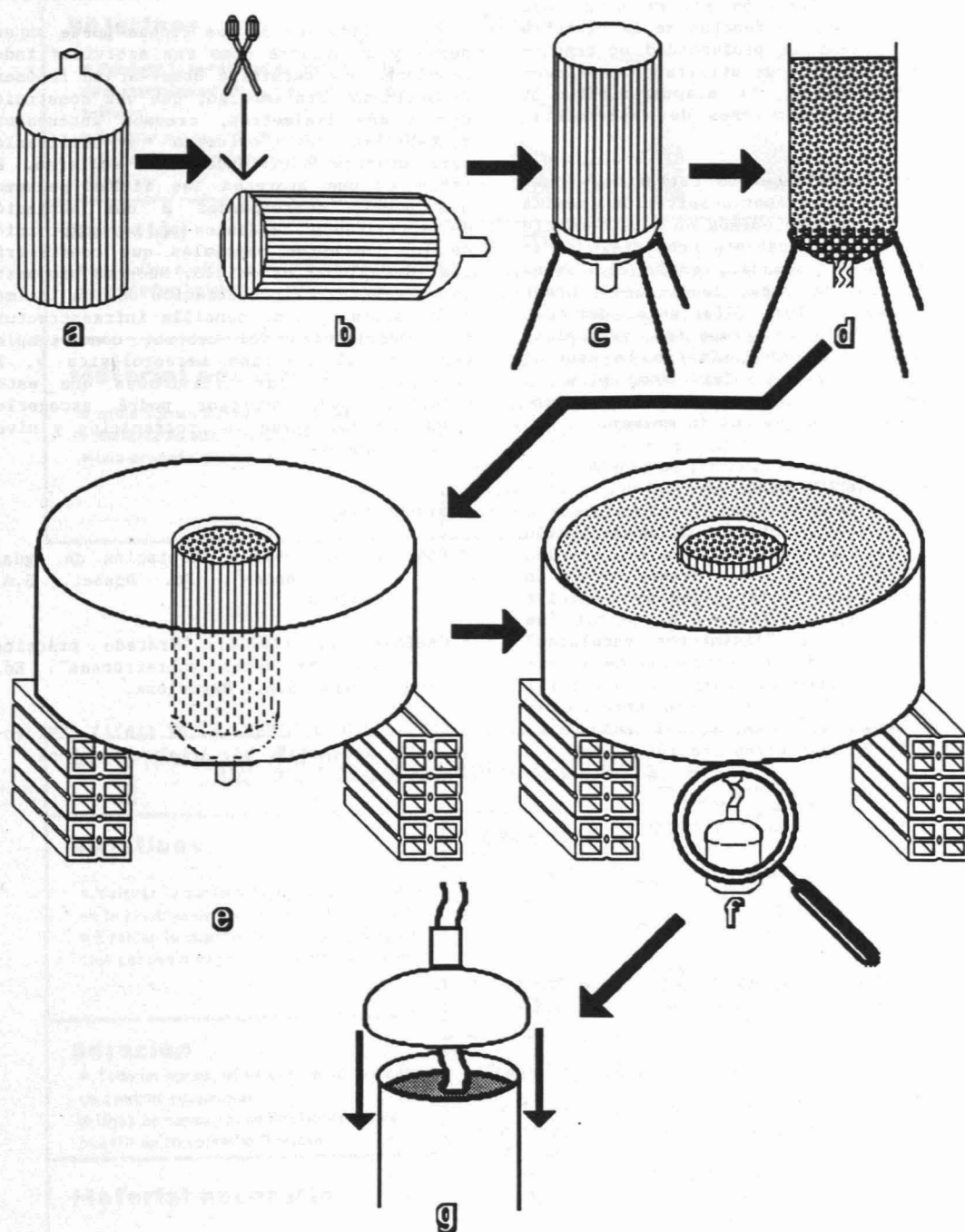


FIGURA 4.- Pasos a seguir para la construcción de "lisímetros escolares".

un lapso de tiempo, los aportes necesarios para restablecer las condiciones iniciales corresponderán al agua evapotranspirada.

En los **lisímetros abiertos** (mantenidos en condiciones naturales), se podrá observar la infiltración eficaz para cada episodio lluvioso, en función de la historia precedente y para la profundidad correspondiente al lisímetro que utilizamos. Evaluando, por diferencia, la evapotranspiración real, bajo las condiciones de experimentación.

En los **lisímetros cubiertos**, podemos evaluar la evapotranspiración máxima (potencial) si lo mantenemos en unas condiciones de saturación constante (con riego artificial diario o semanal, según el tamaño del lisímetro). En estas condiciones podemos evaluar también las diferentes demandas hídricas de distintas especies vegetales: podemos plantar en el lisímetro la especie vegetal deseada y controlar, como siempre, las entradas y salidas, además de los parámetros meteorológicos que nos interesen.

#### CONCRECIÓN DE ACTIVIDADES

Bajo esta óptica, la programación del tema del ciclo del agua en los niveles básicos (E.G.B. y B.U.P.) deberá tener en cuenta, ante todo, la necesidad de propiciar actividades experimentales. A partir de la construcción de "lisímetros escolares" pueden surgir muchísimos proyectos de investigación que aporten una comprensión parcial de algunas variables del ciclo (precipitación, infiltración eficaz, agua de retención, agua gravífica, evapotranspiración,...).

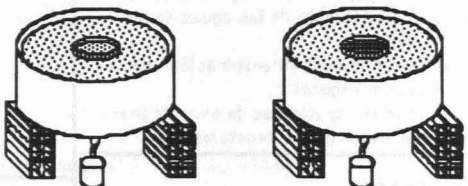
Como ejemplo de ello, presentamos, en las fichas adjuntas (1,2,3 y 4), unas actividades a desarrollar, concretando, para cada una de ellas los objetivos, la duración, el material necesario y la realización práctica.

Cada una de las fichas puede entenderse y utilizarse como una actividad independiente que permitirá observar un fenómeno determinado. Sin embargo, una vez construido uno o más lisímetros, creemos interesante rentabilizar el "esfuerzo" y utilizarlos para cuantas actividades nos sugieran. El orden en que aparecen las fichas pensamos que podría corresponder a una seriación de actividades tendentes a la comprensión de los conceptos parciales que construirán una idea global del ciclo. Nuestra propuesta se resume en la presentación de los lisímetros escolares como sencilla infraestructura de investigación del centro, como complemento de la estación meteorológica y, la realización de las actividades que estos permiten. Cada profesor podrá escogerlas y adecuarlas, según su programación y nivel de los alumnos.

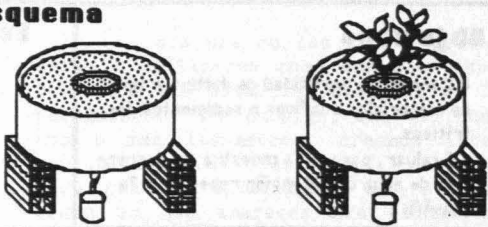
#### BIBLIOGRAFIA

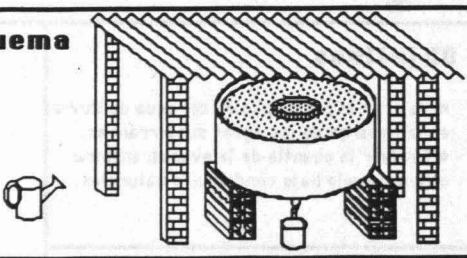
- \* BENITEZ, A. (1972). "Captación de aguas subterráneas". Ed. Dossat. S.A. Madrid.
- \* CASTANY, G. (1971). "Tratado práctico de las aguas subterráneas". Ed. Omega, S.A., Barcelona.
- \* DAVIS, S.N. & WIEST, R. DE (1971). "Hidrogeología". Ed. Ariel. Barcelona.



<b>Actividad 1</b>	<b>la porosidad del suelo</b>
<b>Objetivos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Conocer la porosidad de distintos tipos de materiales edáficos o sedimentos detríticos.</li> <li>● Evaluar, para cada muestra, el porcentaje de agua de retención respecto a la gravífica.</li> </ul>	<b>Esquema</b> 
<b>Duración</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● una única sesión, una vez preparados los distintos lisímetros.</li> </ul>	<b>Realización</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Llenamos uno o varios lisímetros con los materiales sobre los que pretendemos experimentar (cuidando que el relleno sea homogéneo y quede bien compactado).</li> <li>● Tras el reposo suficiente (sin aportes de agua) el material asentará y, perderá, por evaporación, toda el agua contenida (quizás después de algunas semanas).</li> <li>● Llegados a este punto, si taponamos la salida de la base y añadimos muy lentamente el volumen de agua necesario para lograr la saturación, su cuantía corresponderá a la porosidad total. Al abrir las salidas aparecerá el volumen que ocupaba el agua gravífica, que restado al anterior nos permitirá evaluar el volumen del agua retenida por el suelo.</li> </ul>
<b>Material necesario</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● uno o varios lisímetros escolares</li> <li>● materiales edáficos distintos</li> <li>● una probeta graduada</li> </ul>	

<b>Actividad 2</b>	<b>la infiltración eficaz</b>
<b>Objetivos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Valorar la participación del agua de lluvia en la recarga de las aguas subterráneas.</li> <li>● Evaluar la cuantía de la evapotranspiración del suelo bajo condiciones naturales.</li> </ul>	<b>Esquema</b> 
<b>Duración</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Todo un curso, si es que se lleva a cabo un control estacional.</li> <li>● Unas semanas, si controlamos la respuesta de un episodio lluvioso</li> </ul>	<b>Realización</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Colocamos los lisímetros y el pluviómetro en un lugar donde incidan sin trabas las precipitaciones.</li> <li>● Conocida la porosidad, a partir de la actividad nº 1, controlamos, tras cada episodio lluvioso, la cuantía de las precipitaciones y el volumen de las salidas.</li> <li>● Standarizando los datos a idénticas unidades (mm, l/m<sup>2</sup>) podremos relacionar numérica o gráficamente la participación de las precipitaciones en la recarga de las aguas subterráneas.</li> <li>● Obviamente, la diferencia entre los valores nos permitirá conocer la evapotranspiración.</li> </ul>
<b>Material necesario</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Uno o más lisímetros escolares, en función del material o vegetación sobre los que pretendamos experimentar</li> <li>● Un pluviómetro</li> <li>● Una probeta graduada</li> </ul>	

<b>Actividad 3</b> la evapotranspiración de una planta	
<b>Objetivos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● valorar el papel de los vegetales en la evapotranspiración de las aguas de infiltración.</li> <li>● cuantificar la evapotranspiración de una especie vegetal</li> <li>● comparar la capacidad de evapotranspiración de distintos vegetales</li> </ul>	<b>Esquema</b> 
<b>Duración</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● una semana, desde el momento en que la planta ha enraizado, o más tiempo si pretendemos evaluar la transpiración en distintas fases de su desarrollo.</li> </ul>	<b>Realización</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Disponemos de dos lisímetros con el mismo material edáfico. Plantamos en uno de ellos la especie sobre la que pretendemos experimentar.</li> <li>● Colocamos el conjunto en un lugar protegido de las precipitaciones (o cubierto por un techo transparente) y regamos diariamente los dos lisímetros con el volumen suficiente para que se produzcan salidas por la base.</li> <li>● De este modo, puesto que toda el agua retenida es evaporada directamente por el suelo o transpirada por la planta. La diferencia entre los volúmenes que se precisen para saturar uno y otro lisímetros corresponderán al agua transpirada por ésta.</li> </ul>
<b>Material necesario</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● dos o más lisímetros escolares</li> <li>● una o más plantas</li> <li>● una probeta graduada, para evaluar los volúmenes</li> </ul>	

<b>Actividad 4</b> la evapotranspiración potencial	
<b>Objetivos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Valorar la evapotranspiración máxima (o potencial) del suelo.</li> <li>● Relacionar las variables meteorológicas (temperatura, humedad) con el grado de evapotranspiración.</li> </ul>	<b>Esquema</b> 
<b>Duración</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Todo un curso, si es que se lleva a cabo un control estacional.</li> <li>● Unas semanas, para realizar una valoración cualitativa.</li> </ul>	<b>Realización</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Colocamos el lisímetro/s bajo una cubierta impermeable.</li> <li>● Conocida la porosidad del material, regamos con una periodicidad y cuantía (que será función del tamaño), hasta lograr una salida del agua gravífica, que indicará que se ha saturado el conjunto, respecto al agua de retención.</li> <li>● Controlamos con una cadencia fija las salidas, las entradas y las variables meteorológicas.</li> <li>● La evapotranspiración potencial determinada podrá relacionarse con la variabilidad de los parámetros meteorológicos.</li> </ul>
<b>Material necesario</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Uno o varios lisímetros, en función de los distintos materiales y vegetación.</li> <li>● Una probeta graduada</li> <li>● Un termómetro, un higrómetro,...</li> </ul>	